

⑪ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

③ EP 0664 012 M1

⑩ DE 693 10 758 T 2

⑤ Int. Cl.⁶:
G 06 F 15/80
G 07 C 9/00

② Deutsches Aktenzeichen:	693 10 758.8
⑥ PCT-Aktenzeichen:	PCT/EP93/02771
⑥ Europäisches Aktenzeichen:	93 922 538.9
⑦ PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 94/08258
⑥ PCT-Anmeldetag:	7. 10. 93
⑦ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	14. 4. 94
⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	26. 7. 95
⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	14. 5. 97
⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	11. 9. 97

③ Unionspriorität:

927714 07.10.92 ZA

⑦ Patentinhaber:

Octrooibureau Kisch N.V., Curacao, AN; Vermeulen,
Pieter Johannes Erasmus, Hatfield, Pretoria, ZA;
Putter, Paul-Boer, Colbyn, Pretoria, ZA; Zaaiman,
Ben Thomas, Lynnwood, Pretoria, ZA

⑦ Vertreter:

PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

⑧ Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU,
MC, NL, PT, SE

⑦ Erfinder:

VERMEULEN, Pieter, Johannes, Erasmus, Hatfield
Pretoria, Transvaal Province, ZA; PUTTER, Paul-Boer
70 Douglas Street, Pretoria, Transvaal Province, ZA;
ZAAIMAN, Ben, Thomas 206 Chateau Lynn,
Lynnwood Pretoria, Transvaal Province, ZA

⑤ VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KLASSIFIZIEREN DER BEWEGUNG VON OBJEKTEN ENTLANG
EINEM DURCHGANG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

Einführung und Hintergrund

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und eine Methode zur Analyse von Objektbewegungen entlang eines Durchgangs.

Eine Vorrichtung, die wenigstens einen Infrarot-Sensor zur Erkennung von Menschen aufweist, welche einen Durchgang passieren, ist bereits im Stand der Technik bekannt. Normalerweise ist die Vorrichtung mit einem Alarm verbunden, um anzuzeigen, daß eine Person durch den Durchgang hindurch ein- oder austrat. Es ist einzusehen, daß eine derartige Vorrichtung, wenn sie mit einem Zähler verbunden wird, auch zum Zählen von Menschen eingesetzt werden kann, die den Durchgang passieren. Jedoch ist eine solche Anordnung nicht dazu geeignet, zwischen Menschen zu unterscheiden, welche den Durchgang in die eine oder andere, entgegengesetzte Richtung passieren. Falls darüber hinaus mehr als eine Person gleichzeitig den Durchgang passiert, kann die bekannte Vorrichtung dies nicht erfassen, oder nicht genau zwischen einzelnen Menschen während eines Gedränges unterscheiden, so daß das genaue Zählen schwierig wenn nicht unmöglich ist. Des weiteren kann eine derartige Vorrichtung auch nicht zwischen Menschen, die den Durchgang passieren, und z.B. den Einkaufswagen unterscheiden, die sie unter Umständen schieben.

FR-A-2419549 veröffentlicht ein Schema zum Zählen von Objekten, welche sich an drei Sensoren vorbei bewegen, die entlang einer Durchgangsstrecke angeordnet sind. Dieses Schema vergleicht die unterbrochene Folge mit einer Tabelle vorbestimmter Werte, um zu entscheiden, ob und in welcher Richtung eine Passage

eines Objektes durch den Durchgang stattgefunden hat.

EP-A-059357 zeigt ein Überwachungssystem zur Erkennung von Objekten, die sich an vertikal angeordneten Sensoren vorbei bewegen. Das System macht von einer Bildmustererkennung Gebrauch, welches mittels eines Nervennetzwerkes auf die Zeitgraphik angewendet wird, die von einer intermittierenden Abfrage der Sensoren erzeugt wird.

Eine Bildmustererkennung ist z.B. in der EP-A-0482427 gezeigt, in der diese mittels eines Nervennetzwerkes in einem Bildprozeßsystem zur Anwendung kommt, um Ziele in einer bildlichen Darstellung zu identifizieren.

Ziel der Erfindung

Es ist somit Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, mit dem man die zuvor erwähnten Nachteile der bekannten Systeme wenigstens vermindern kann.

Zusammenfassung der Erfindung

Nach der Erfindung wird ein Verfahren zur Klassifizierung von Objektbewegungen längs eines Durchgangs mit den folgenden Verfahrensschritten vorgeschlagen:

Vorsehen einer Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung mit einer Mehrzahl von Sensoren, um wenigstens eine Mehrzahl beabstandeter, in Längsrichtung entlang der Länge eines Durchgangs angeordneter

Bereiche zu erfassen, wobei jeder Sensor mit einer Sensorenanzeige verknüpft ist;

periodische Datenerfassung bezüglich eines Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten in den Bereichen mittels der Meßwerterfassung;

elektronische Datenspeicherung in Bezug auf eine zeitfolgenorientierte, mehrdimensionale Darstellung eines Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten in den Bereichen, wobei eine Dimension die Zeit und eine andere Dimension Sensoranzeigen darstellen;

Segmentieren der zeitfolgenorientierten Darstellung in klassifizierbare Ereignisdarstellungen; und

Klassifizieren einer segmentierten Darstellung eines Ereignisses mittels rechnergestützter Bildmustererkennung.

In einer bevorzugten Anwendung werden die Ereignisse in einer der folgenden Klassen klassifiziert:

- (i) ein Objekt bewegt sich in einer Richtung entlang des Durchgangs;
- (ii) ein Objekt bewegt sich in einer andere Richtung entlang des Durchgangs;
- (iii) zwei Objekte bewegen sich zusammen in der o.g. einen Richtung;
- (iv) zwei Objekte bewegen sich zusammen in die o.g. andere Richtung;
- (v) ein Objekt bewegt sich in die o.g. eine Richtung und eine andere gleichzeitig in die o.g. andere Richtung etc.

Es ist somit einzusehen, daß das Verfahren nach der vorliegenden Erfindung zur Analyse von Objektbewegungen entlang eines Durchganges in einem Verfahren zum Zählen von Objekten benutzt werden kann, die in irgendeiner ausgewählten Richtung entlang des Durchgangs sich bewegen. Bei den Objekten kann es sich um Menschen handeln, so daß die Zahl der Menschen gezählt werden kann, die sich in einer ausgewählten Richtung entlang des Durchgangs bewegen.

Jeder Sensor kann einen begrenzten, nicht überlappenden Empfindlichkeitsbereich aufweisen und die Sensoren können beabstandet über die Länge des Durchgangs angeordnet sein, um die o.g. Vielzahl von beabstandeten Bereichen zu erfassen.

Der Verfahrensschritt periodischer Datenerfassung bezüglich Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins in den beabstandeten Bereichen kann den Verfahrensschritt der periodischen Signal-Abtast-Schaltung von ausgegebenen Werten der Sensoren enthalten, wobei der ausgegebene Wert jedes Sensors einen ersten bzw. "An-" und einen zweiten bzw. "Aus"-Status aufweist, der das Vorhanden- bzw. Nichtvorhandenseins eines Objektes in dem Sensitivitätsbereich des Sensors anzeigt.

Der Verfahrensschritt des Segmentierens der zeitfolgenorientierten Darstellung kann einen Verfahrensschritt einer einfachen Segmentierung enthalten, indem die zeitfolgenorientierte Darstellung in Bereiche unterteilt ist, in denen die ausgegebenen Werte der Sensoren sich erst nach einer passend ausgewählten Begrenzung des Zeitintervalls ändern. Alternativ oder zusätzlich kann der Verfahrensschritt des Segmentierens der zeitfolgenorientierten Darstellung eine geometrische Segmentation aufweisen, worin geometrische Überdeckungen mit passend ausgewählten Formen auf die zeitfolgenorientierte Darstellung abgestimmt sind und worin die Darstellung in

Bereiche unterteilt ist, in denen die Überdeckungen im wesentlichen mit Bereichen in der Darstellung überlappen, die repräsentativ für ein Nichtvorhandensein von Objekten in den beabstandeten, in Längsrichtung über die Länge eines Durchgangs angeordneten Bereichen sind.

Die rechnergestützte Bildmustererkennung ist vorzugsweise ein künstliches Nervennetzwerk.

Bevor die segmentierte Darstellung mittels des künstlichen Nervennetzwerks klassifiziert ist, wird ein Merkmalsvektor der Darstellung entnommen und als Eingangsgröße in das künstliche Netzwerk eingegeben wird, wobei der Vektor als Elemente vorzugsweise Trägheitsmomente der Darstellung mit der Exzentrizität und dem Winkel dieser Exzentrizität kombiniert.

Die gesammelten Daten können der Lauflänge entsprechen, die codiert wird, bevor sie elektronisch abgespeichert ist, und vor der geometrischen Segmentation wieder decodiert wird.

Nach einem anderen Aspekt der Erfindung weist die Vorrichtung zur Klassifizierung von Objektbewegungen entlang eines Durchgangs folgendes auf:

- eine Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung mit einer Mehrzahl von Sensoren, sensitiv in Bezug auf das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Objekten, die sich in beabstandeten, in Längsrichtung über die Länge eines Durchganges angeordneten Bereichen befinden, wobei jeder Sensor mit einer Sensoranzeige verknüpft ist;
- Mittel, die an die Meßwerterfassungseinrichtung anschließbar sind, um eine zeitfolgenorientierte, mehrdimensionale Darstellung des Vorhanden- oder Nicht-

vorhandenseins von Objekten in den beabstandeten, in Längsrichtung über die Länge eines Durchgangs angeordneten Bereichen elektronisch zu erstellen, wobei eine Dimension die Zeit und eine andere Dimension Sensoranzeigen darstellen;

- Mittel, um die zeitfolgenorientierte Darstellung in klassifizierbare Darstellungen von Ereignissen zu segmentieren; und
- Mittel zur rechnergestützten Bildmustererkennung, um die segmentierten Darstellungen von Ereignissen zu klassifizieren und um einen Ausgabewert vorzusehen, der für die Klassifizierung repräsentativ ist.

Die Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung kann einen ersten verlängerten Träger für die Sensoren aufweisen, wobei die Sensoren in Längsrichtung entlang des ersten Trägers beabstandet so angeordnet sind, daß sie in eine Richtung quer zum ersten Träger weisen.

Der erste Träger kann so installiert werden, daß er sich im wesentlichen parallel zum Boden des Durchganges oder in einem spitzen Winkel hierzu erstreckt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind vier Sensoren auf dem ersten Träger vorgesehen und der Abstand zwischen den benachbarten Sensoren nimmt von einem Ende des ersten Trägers zu dessen gegenüberliegendem Ende zu.

In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Sensoren Barriere-Meßfühler, wobei jeder Sensor mit einem kombinierten Meßwertgeber für moduliertes Infrarotlicht und einem Infrarot-Detektor auf dem ersten Träger montiert ist, und ein separater, zugeordneter Reflektor auf einem zweiten, langgestreckten Träger montiert ist, wobei in der Anwendung der erste und zweite Träger an den gegenüberliegenden Seiten des

Durchgangs so angebracht sind, daß jede Kombination ihrem zugeordneten Reflektor gegenüberliegt.

In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung eine Videokamera aufweisen und die Sensoren können eine Auswahl von Elementen in der Anordnung von lichtempfindlichen Elementen einer Kamera darstellen.

Die Mittel zur Erstellung einer zeitfolgenorientierten, mehrdimensionalen Darstellung weisen einen Abfrageschalter auf, der mit ausgegebenen Werten der Sensoren, einem Mittel zur Lauflängencodierung und einem Rechenmittel verbunden ist, welches einen Prozessor, eine Speicheranordnung und eine Uhr aufweist.

Die Mittel zur rechnergestützten Bildmustererkennung enthalten vorzugsweise ein künstliches Nervennetzwerk, welches so geschult ist, daß sich bei einem von dort ausgehenden Ausgabewert eine dadurch erzeugte Klassifizierungsanzeige einstellt.

Der Ausgabewert des Nervennetzwerkes kann einem Zähler zugeführt werden, um die Anzahl der Objekte zu zählen, die in einer ausgewählten Richtung entlang des Durchganges während einer definierten Zeitspanne passieren.

Kurze Beschreibung der beiliegenden Abbildungen

Die Erfindung wird nun weiter mittels Beispielen mit Bezug auf die beigefügten Abbildungen beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht einer Meßwertgebervorrichtung, die Teil der Vorrichtung nach der Erfindung ist;

Fig. 2 eine Ansicht auf eine Passage, in der die Meßwertgebervorrichtung angebracht

ist;

Fig. 3a, 3b und 3c sind zweidimensionale zeitfolgenorientierte Darstellungen eines Sensor-Ausgabestatus, der als eine Funktion einer Sensoranzeige in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet ist;

Fig. 4 ein Blockdiagramm der Vorrichtung nach der Erfindung;

Fig. 5 ein Fließdiagramm der Hauptverfahrensschritte, die durch einen Computer ausgeführt werden, während das Verfahren nach der Erfindung durchgeführt wird;

und Fig. 6 eine schematische Darstellung eines künstlichen Nervennetzwerkes, welches in einem Computer installiert ist, der Teil der Vorrichtung ist.

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

Eine Anwendung für die Vorrichtung 10 (gezeigt in Fig. 4) nach der Erfindung ist, die Bewegung von Objekten, wie z.B. Menschen 11 (gezeigt in Fig. 1 und 2) entlang eines Durchganges 12, zu analysieren. Die Vorrichtung ist so geschult, um zwischen Menschen, die die Vorrichtung in verschiedenen Richtungen passieren, während einer definierten Zeitspanne auch dann zu unterscheiden, wenn mehr als eine Person die Vorrichtung zur gleichen Zeit passiert. Die Vorrichtung kann somit Teil eines Personenzählwerks sein. Der Durchgang 12 ist durch zwei gegenüberliegende Wände 14 und 16 und einen Boden 17 definiert.

Die Vorrichtung weist eine Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung 18 auf, welche zwei getrennte, gestreckte Träger 20 und 22 einschließt, um vier sogenannte Barriere-Meßfühler 24.1 bis 24.4 zu halten. Jeder Barriere-Meßfühler 24.1 bis 24.4 hat eine kombinierte Quelle für moduliertes Infrarotlicht und einen zugehörigen Detektor 26.1

bis 26.4. Jede Kombination 26.1 bis 26.4 weist einen elektronischen Ausgabewert 28.1 bis 28.4 auf und ist auf dem Träger 20 so montiert, daß er in eine Richtung quer zur Trägerlängsachse weist. Jeder Barriere-Meßwertfühler 24.1 bis 24.4. weist des weiteren einen separaten zugehörigen Reflektor 30.1 bis 30.4 auf, der auf dem zweiten Träger 22 befestigt ist.

Wie am besten in Fig. 1 zu sehen, wächst der Abstand zwischen benachbarten Sensoren in Richtung A. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird der Abstand zwischen Sensoren durch die folgende Formel beschrieben:

$$d_{n+1} = k \Delta d_n$$

worin

d_{n+1} und d_n

die nacheinanderfolgenden Abstände zwischen den Sensoren sind:

Δd_0 ist der Abstand zwischen zwei Sensoren, die am dichtesten zueinander liegen; und

k ist eine Konstante > 1 .

Man glaubt, daß dieses Beabstanden der Vorrichtung hilft, mehrere Objekte zu unterscheiden, die sich in verschiedenen Richtungen bewegen. Wie am besten in Fig. 2 gezeigt, sind die Träger 20 und 22 an den gegenüberliegenden Wänden 14 und 16 montiert, wobei sie sich im wesentlichen horizontal in einer Höhe h (zwischen 10 und 40 cm) über dem Boden 17 erstrecken, so daß jede Kombination 26.1 bis 26.4 ihrem zugehörigen Reflektor 30.1 bis 30.4 gegenüberliegt. Bei dieser Anordnung sind die

Sensoren im wesentlichen kniehoch in dem Durchgang angebracht und jeder Sensor reagiert auf das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein eines Objektes innerhalb seines begrenzten, nicht überlappenden Gesichtsfeldes, welches sich auf einer Linie befindet, welche quer zum Durchgang verläuft.

Wie in Fig. 4 gezeigt, sind die Ausgabewerte 28.1 bis 28.4 der Sensoren 24.1 bis 24.4 mit einem Abfrageschalter 32 verbunden. Der Abfrageschalter 32 wird mittels einer Uhr 34 intermittierend gesteuert, um so die Ausgabewerte der Sensoren abzutasten. Der Ausgabewert des Abfrageschalters 32 ist mit einer Lauflängencodierung 36 verbunden, deren Ausgabewert über eine passende Serienkommunikationsschaltung 37 (RS-232 oder RS-485) mit einem Rechner 38 verbunden ist.

Der Computer 38 weist einen Pufferspeicher 40 zur Speicherung von codierten Daten auf, die von den vom Sensor ausgegebenen Werten empfangen wurden. Des weiteren weist der Computer 38 einen Mikroprozessor 42, eine Realzeituhr 44 und einen Arbeitsspeicher 46 auf, wobei letztere mit dem Mikroprozessor verbunden sind. Ebenso mit dem Mikroprozessor verbunden sind ein Ergebnis-Speicher 48, ein Programmlademittel 52 für das Resultat und Mittel 54 für die Diagnose des Eingabe-/Ausgabewertes (I/O). Eine Anordnung 56 zum Energieversorgungs-Management ist auch vorgesehen.

Wenn z.B. die Person 11 in Fig. 1 durch die Meßwertvorrichtung 18 in Richtung A läuft, kann es passieren, daß ihr vorgestrecktes Bein erst den Infrarotstrahl des Sensors 24.1 unterbricht, anschließend den Strahl des Sensors 24.2 und danach den Strahl des Sensors 24.3, bevor das nachgeführte Bein dieser Person den ersten Sensor 24.1 unterbricht. Wird ein Strahl unterbrochen, wie dies mit dem Sensor 24.4 der Fall ist, empfängt der Detektor des Sensors 24.4 Infrarotlicht, das von seinem

zugeordneten Reflektor 30.4 reflektiert worden ist, und bei dem Sensorausgabewert 30.4 ist ein folgerichtiges "Aus"-Signal vorgesehen. Falls jedoch ein Strahl durch ein Bein der Person 11 unterbrochen worden ist, wie das bei dem Sensor 24.1 der Fall ist, wird kein Infrarotlicht durch den Detektor empfangen und es wird bei dem ausgegebenen Signal 28.1 des Sensors ein folgerichtiges "An"-Signal vorgesehen. Die folgerichtigen "An"- und "Aus"-Signale sind in Bezug auf das hierin Dargestellte als der Status des Sensorausgabewertes angegeben.

Im Betrieb werden die Sensorausgabewerte 28.1 und 28.4 durch einen Abfrageschalter 32 (s. Fig. 4) abgetastet und die Lauflänge bei 58 (s. Fig. 5) codiert. Der Wert wird dann (wie durch Pos. 60 dargestellt) zum temporären Puffer 40 in den Computer 38 übertragen und als zeitfolgenorientierte zweidimensionale Darstellungen des Status des Sensorausgabewertes, bei dem eine Dimension die Zeit und die andere Dimension die Sensoranzeige darstellt. Beispiele dreier derartiger zeitfolgenorientierter Darstellungen sind in den Fig. 3 (a), 3 (b) und 3 © jeweils entsprechend gezeigt. Eine Darstellung des Ereignisses, welches zuvor beschrieben worden ist, bei dem eine Person 11 in Richtung A die Meßwertvorrichtung 18 passiert, ist in Fig. 3 (a) bei der Pos. 300 gezeigt.

Eine Unterbrechung der Strahlen durch eine Beinbewegung entlang der Sensoren wird durch die schwarzen Balken in den Fig. 3 (a), 3 (b) und 3 © dargestellt. Jeder schwarze Balken enthält, genauer gesagt, eine Kolonne von "Aus"-Pixeln, die mit der Abtastzeit korrespondiert, in der der Strahl nicht unterbrochen war.

Falls ein Systemfehler entdeckt worden ist, führt der Mikroprozessor 42 bei dem System diagnostische Tests durch und benutzt die diagnostische I/O-Anordnung 54, um den laufenden Status der Vorrichtung anzuzeigen und die Ergebnisse eines

derartigen Tests aufzuzeichnen, wie dies mit 62.1, 62.2 und 62.3 bezeichnet ist.

Wie mittels der Pos. 64 und 66 dargestellt, wird eine einfache Segmentierung auf die zeitfolgenorientierten Darstellungen der Daten angewendet und die daraus resultierenden Segmente sind zugeteilte Zeitstempel mit Bezug auf die Realzeituhr 44 (s. Fig. 4).

Eine einfache Segmentierung enthält die Suche nach der zeitfolgenorientierten Darstellung für Perioden, in denen die Sensorausgabewerte länger als eine vorbestimmte Zeitspanne unverändert bleiben, und sie enthält des weiteren eine in Segmente unterteilte Darstellung in einer derartigen Zeitspanne. Pos. 302 in Fig. 3 © wird eine derartige Zeitspanne dargestellt und eine Ereignisdarstellung 304 kann von der Ereignisdarstellung 306 in Segmente aufgeteilt werden.

Die unterteilte Darstellung mit Zeitstempeln wird dann für die nachfolgende Datenverarbeitung gespeichert (s. Pos. 68 in Fig. 5).

Sobald erforderlich, werden die codierten Daten durch den Mikroprozessor 42 aus dem Puffer 40 herausgeholt und decodiert, wie dies in Fig. 5 bei Pos. 70 gezeigt ist. In Fig. 5, Pos. 72, werden diese in Segmente geteilten Darstellungen in einem Prozeßpuffer gespeichert, der Teil des Arbeitsspeichers 46 ist (s. Fig. 4).

Falls eine in Segmente geteilte Darstellung sich als komplex herausstellt, in dem sie mehr als ein klassifizierbares Ereignis umfaßt, besteht der nächste Verfahrensschritt aus einer weiteren Segmentierung dieser Darstellung in Darstellungen individueller klassifizierbarer Ereignisse.

Dieses weitere Segmentierungsverfahren wird auf eine geometrische Masken-Segmentation zurückgeführt. Eine Mehrzahl von geometrischen Masken bzw.

Überdeckungen 308, 310 und 312 (s. Fig. 3 a) und 314 (Fig. 3 b) weisen Formen auf, die durch den Sensorabstand und die Art und Weise der Objekte, die in dem Durchgang 12 erwartet werden. Diese letztgenannten geometrischen Überdeckungen werden auf den zuvor in Segmente geteilte Darstellungen überlagert. Somit sind die Formen der Masken in der vorliegenden Anwendung mathematische Darstellungen der erwarteten Formen der Bereiche in der Darstellung, in der keine der Lichtstrahlen unterbrochen worden sind und die mit höchster Wahrscheinlichkeit mit einer oder zwei Personen auftreten, die sich auf den Durchgang zu- und/oder in demselben bewegen, entweder allein oder zusammen. Jede geometrische Maske wird bei den Folgepositionen an die zuvor segmentierten Darstellungen angepaßt und es wird ein bewerteter Vergleichswert kalkuliert. Dieser Wert wird nach der Position der Überlappung zwischen Maske und "An"-Pixeln bewertet, so daß "An"-Pixel, die durch die Ecke der Maske 310.1 überlappt werden, weniger wichtig sind als "An"-Pixel in der Mitte der Maske 310.2. Die besten Vergleiche werden kontinuierlich verglichen mit einem Schwellenwert, der wiederum eine Funktion der Anzahl von "An"-Pixel darstellt, die seit dem Beginn des laufenden geometrischen Überdeckungsverfahrens entdeckt worden sind. Ist ein Vergleich einmal mit einem Wert unter dem Schwellenwert gefunden, werden diese Daten an der Position, wie sie bei 300 und 316 mit einer Maske 308 gezeigt sind, in Segmente unterteilt.

Ist die zeitfolgenorientierte Darstellung einmal in Darstellungen von klassifizierbaren Ereignissen segmentiert worden (s. Darstellungen 300, 316 und 318 in Fig. 3 a; 320, 322 und 324 in Fig. 3 b und 304 und 306 in Fig. 3 c), so ist der nächste Verfahrensschritt (s. Pos. 78 in Fig. 5) die Extraktion von Merkmalen aus den segmentierten Darstellungen zur Verwendung in einer rechnergestützten Bildmuster-

erkennung.

Eine Auswahl von den folgenden Merkmalen sind in einem Merkmalsvektor enthalten, der numerisch die Darstellung des zu klassifizierenden Ereignisses beschreibt:

- Die Trägheitsmomente der Ereignisdarstellung, die nach der unten aufgeführten Formel berechnet werden, in der angenommen wird, daß der Ursprung ($x = y = 0$) so gewählt wird, daß er in dem Zentrum der Ereignisdarstellung liegt:

$$M_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{xz} x^i y^j f(x,y)$$

darin bedeuten:

- n die totale Anzahl von "An"-Pixeln in der Darstellung;
- x die Zeitverschiebung in die Darstellung hinein;
- y die Sensoranzeige;
- f(x,y) gleich der Wert 1, wenn das Pixel bei (x,y) "An" entspricht, und gleich Null, wenn das Pixel "Aus" entspricht; und
- i, j die Momentanzeigen;

- die Exzentrizität der Darstellung des Ereignisses wird durch folgende Formel beschrieben:

$$e = \frac{\sqrt{(M_{20} - M_{02})^2 + 4M_{11}^2}}{n}$$

- der Winkel der Exzentrizität wird durch die folgende Formel beschrieben:

$$\Theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2M_{11}}{M_{20} - M_{02}} \right) + \frac{n\pi}{2}$$

Der oben aufgeführte kalkulierte Merkmalsvektor wird mit Klassen der zuvor aufgenommenen Daten verglichen. Diese Klassen sind wie folgt definiert:

- Klasse 0 - eine Person bewegt sich in die Richtung A;
- Klasse 1 - zwei Personen bewegen sich zusammen in Richtung A,
- Klasse 2 - eine Person bewegt sich in Richtung B;
- Klasse 3 - zwei Personen bewegen sich zusammen in Richtung B;
- Klasse 4 - eine Person bewegt sich in Richtung A und eine andere
und eine andere gleichzeitig in Richtung B,
- Klasse 5 - nichts von dem oben genannten.

Das gegenwärtig bevorzugte Verfahren wird benutzt, um die zuvor aufgenommenen

Daten kompakt zu speichern und um derartige Daten mit den Werten in dem zuvor erwähnten kalkulierten Merkmalsvektor zu vergleichen. Bei diesem Verfahren wird der Merkmalsvektor in ein künstliches Nervennetzwerk mit einer Vielschicht -Perceptron-Architektur eingegeben (s. Pos. 80 in Fig. 5). Das Nervennetzwerk ist schematisch illustriert (s. Pos. 84 in Fig. 6).

Es ist jedoch für den Fachmann leicht einzusehen, daß, bevor ein Nervennetzwerk 84 eine Darstellung eines Ereignisses nach den oben aufgeführten Klassen klassifizieren kann, es zunächst geschult werden muß, um solches zu tun. Dies geschieht über eine Versorgung des Nervennetzwerkes mit Daten über den Merkmalsvektor, wobei die Daten sich auf verschiedene Variationen der Ereignisse beziehen, die im Gebrauch (auch bezüglich der Schulungsereignisse) erwartet werden, und es wird darüber hinaus durch die Schulung des Nervennetzes erreicht, die Klasse jedes Trainingsereignisses auf eine solche Weise anzuzeigen, daß die Zahl der falschen Klassifikationen über die Gesamtzahl der Klassen minimiert wird. Das gegenwärtig bevorzugte Verfahren, das Nervennetz zu schulen, basiert auf einem Verfahren, welches als Rückübertragungsverfahren bekannt ist, bei dem eine konjugierte Gradientenoptimierung angewendet wird. Das Ergebnis des Schulungsverfahrens sind zwei in Verbindung stehende Matrizen N1 und N2 über das Nervennetzwerk (s. Fig. 6).

In Betrieb wird der oben aufgeführte Merkmalsvektor einer Darstellung eines zu klassifizierenden Ereignisses (z.B. bezüglich Eingangs-Neuronen) mit der oben aufgeführten ersten Matrix N1 multipliziert, was zu einem Zwischenvektor führt (verborgene Neuronen). Jedes Element in dem Zwischenvektor wird durch seinen "Sigmoid" ersetzt und dann mit der zweiten Matrix N2 multipliziert, was einen

resultierenden Vektor C oder Ausgangs-Neuronen ergibt. Die Anzeige (0 - 5) des Elementes in dem resultierenden Vektor C, der den größten Wert hat, zeigt den Index der Klasse des Ereignisses an. Die relativen Größen der Elemente in dem resultierenden Vektor C können auch den Vertrauensbereich der Klassifikation vorgeben.

Das Nervennetzwerk ist somit geschult, folgende Darstellungen zu klassifizieren: eine Darstellung 300, wenn eine Person sich in Richtung A bewegt; eine Darstellung 306, wenn eine Person sich in Richtung B bewegt; eine Darstellung 320, wenn zwei Personen sich zusammen in Richtung A bewegen; eine Darstellung 322, wenn zwei Personen sich zusammen in Richtung B bewegen; und eine Darstellung 324, wenn eine Person sich in Richtung A und eine andere sich gleichzeitig in Richtung B bewegt.

Das Ergebnis der Klassifikation zusammen mit den Zeitmarken kann in jeder passenden Speicheranordnung (s. Pos. 82 in Fig. 5) gespeichert werden. Derartige Speicheranordnungen können aus einem oder mehreren Direkt-Zugriffsspeichern, fester oder entfernbarer Platten, bestehen.

Es ist verständlich, daß die Vorrichtung nach der Erfindung in einer beliebigen Anzahl von möglichen Figurationen ausgeführt werden kann. So ist in einer ersten Konfiguration ein Zentralrechner (nicht gezeigt) vorgesehen, der mit einer Anzahl verteilter Meßwertgeber-Vorrichtungen verbunden ist, wobei jede von diesen ihren eigenen Abfrageschalter 32, ihre Codierung und ihre Kommunikationsschnittstelle aufweist. Unbearbeitete Daten werden zum Zentral-Computer zur Bearbeitung durchgegeben. In einer anderen Konfiguration ist die Vorrichtung, welche die Meßwertgeber-Vorrichtung 18 enthält, und ein Rechner 38 mit einem Nervennetzwerk

84 zu einem Verarbeitungsrechner (nicht gezeigt) verbunden. In diesem Falle verarbeitet jede Vorrichtung ihre eigenen Daten und speist die Daten auf Nachfrage in den Verarbeitungsrechner ein, aus dem die Management-Information entnommen und dargestellt wird.

Es ist des weiteren verständlich, daß die Vorrichtung und das Verfahren nach der Erfindung für den Einsatz in einem Zählwerk oder in einem Verfahren zum Zählen von Objekten besonders nützlich ist, wobei es sich insbesondere um Menschen handelt, die sich in einer einzelnen Reihe oder zusammen in entweder der einen, der anderen oder in beiden Richtungen entlang eines Durchganges bewegen.

Es ist darüber hinaus verständlich, daß es viele Variationen im einzelnen bezüglich der Vorrichtung und des Verfahrens nach der Erfindung gibt, ohne den Umfang der beigefügten Ansprüche zu verlassen.

Ansprüche:

1. Verfahren zur Klassifizierung von Bewegungen von Objekten (11) entlang eines Durchgangs mit den folgenden Verfahrensschritten:
Vorsehen einer Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung mit einer Mehrzahl von Sensoren (24.1 - 24.4), um wenigstens eine Mehrzahl beabstandeter, in Längsrichtung entlang der Länge eines Durchgangs angeordneter Bereiche zu erfassen, wobei jeder Sensor mit einer Sensorenanzeige verknüpft ist;
periodische Datenerfassung bezüglich eines Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten in den Bereichen mittels der Meßwerterfassung;
elektronische Datenspeicherung in Bezug auf eine zeitfolgenorientierte, mehrdimensionale Darstellung eines Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten in den Bereichen, wobei eine Dimension die Zeit und eine andere Dimension Sensoranzeigen darstellen;
Segmentieren der zeitfolgenorientierten Darstellung in klassifizierbare Ereignisdarstellungen; und
Klassifizieren einer segmentierten Darstellung eines Ereignisses mittels rechnergestützter Bildmustererkennung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Sensoren in Längsrichtung über die

Länge des Durchgangs beabstandet angeordnet sind, um die Mehrzahl beabstandeter Bereiche zu erfassen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, in dem der Verfahrensschritt periodischer Datenerfassung bezüglich Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten den Verfahrensschritt der periodischen Signal-Abtast-Schaltung von ausgegebenen Werten der Sensoren enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die zeitfolgenorientierte, mehrdimensionale Darstellung zweidimensional ist, wobei die eine Dimension die Zeit und die andere Dimension Sensoranzeigen darstellt.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, in dem der Verfahrensschritt des Segmentierens der zeitfolgenorientierten Darstellung einen Verfahrensschritt einer einfachen Segmentierung beinhaltet, in dem die zeitfolgenorientierte Darstellung in Bereiche unterteilt ist, wo die ausgegebenen Werte der Sensoren sich erst nach einer passend ausgewählten Begrenzung des Zeitintervalls ändern.
6. Verfahren nach Anspruch 1, in dem der Verfahrensschritt des Segmentierens der zeitfolgenorientierten Darstellung eine geometrische Segmentation aufweist, worin geometrische Überdeckungen mit passendend ausgewählten Formen auf die zeitfolgenorientierte Darstellung abgestimmt sind und worin die Darstellung in Bereiche unterteilt ist, in denen die Überdeckungen im

wesentlichen mit Bereichen in der Darstellung überlappen, die repräsentativ für ein Nichtvorhandensein von Objekten in den beabstandeten, in Längsrichtung über die Länge des Durchgangs angeordneten Bereichen sind.

7. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die rechnergestützte Bildmustererkennung ein künstliches Nervennetzwerk aufweist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, in dem, bevor die segmentierte Darstellung mittels des künstlichen Nervennetzwerks klassifiziert ist, ein die Darstellung beschreibender Merkmalsvektor als Eingangsgröße in das künstliche Nervennetzwerk eingegeben wird, der als Elemente eine Kombination von Trägheitsmomenten der Darstellung, von einer Exzentrizität der Darstellung und dem Winkel dieser Exzentrizität einschließt.
9. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die gesammelten Daten der Lauflänge entsprechen, die vor dem Verfahrensschritt der elektronischen Abspeicherung solcher Daten kodiert wird.
10. Vorrichtung zur Klassifizierung von Bewegungen von Objekten (11) eines Durchgangs mit:

einer Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung mit einer Mehrzahl von Sensoren (24.1 - 24.4) sensitiv in Bezug auf das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Objekten, die sich in beabstandeten, in Längsrichtung über eine Länge des Durchgangs angeordneten Bereichen befinden,

wobei jeder Sensor mit einer Sensoranzeige verknüpft ist;

Mittel (32, 36, 37, 38), die an die Meßwerterfassungseinrichtung anschließbar sind, um eine zeitfolgenorientierte, mehrdimensionale Darstellung des Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins von Objekten in den beabstandeten, in Längsrichtung entlang des Durchgangs angeordneten Bereichen elektronisch zu erstellen, wobei eine Dimension die Zeit und eine andere Dimension Sensoranzeigen darstellen;

Mittel (38), um die zeitfolgenorientierte Darstellung in klassifizierbare Darstellungen von Ereignissen zu segmentieren; und

Mittel (38, 84) zur rechnergestützten Bildmustererkennung, um die segmentierten Darstellungen von Ereignissen zu klassifizieren und um einen Ausgabewert vorzusehen, der für die Klassifizierung repräsentativ ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, in der die Objekt-Meßwerterfassungseinrichtung einen ersten verlängerten Träger (20) für die Sensoren (24.1 - 24.4) aufweist, wobei die Sensoren in Längsrichtung entlang des ersten Trägers beabstandet so angeordnet sind, daß sie in eine Richtung quer zum ersten Träger weisen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, in der 4 Sensoren (24.1 - 24.4) auf dem ersten Träger (20) vorgesehen sind und in der der Abstand zwischen den benachbarten Sensoren zunimmt von einem Ende des ersten Trägers zu dessen gegenüberliegendem Ende.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, in der die Sensoren Barriere-Meßfühler sind,

wobei jeder Sensor (24.1 - 24.4) mit einem kombinierten Meßwertgeber für Infrarotlicht und einem Infrarotdetektor (26.1 - 26.4) auf dem ersten langgestreckten Träger montiert ist und ein separater, zugeordneter Reflektor auf einem zweiten langgestreckten Träger (22) montiert ist; wobei in der Anwendung der erste und zweite Träger an den gegenüberliegenden Seiten des Durchgangs so angebracht sind, daß jede Kombination ihrem zugeordneten Reflektor gegenüber liegt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 10, in der die Mittel zum Erstellen einer zeitfolgenorientierten, mehrdimensionalen Darstellung einen Abfrageschalter (32) aufweist, der mit ausgegebenen Werten der Sensoren, einem Mittel (36) zur Lauflängenkodierung und einem Rechenmittel (38) verbunden ist, welches einen Prozessor (42), eine Speicheranordnung (40, 46, 48) und eine Uhr aufweist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 10, in der die Mittel (38; 84) zur rechnergestützten Bildmustererkennung ein künstliches Nervennetzwerk (84) enthalten, welches so geschult ist, daß sich bei einem von dort ausgehenden Ausgabewert eine dadurch ausgeführte Klassifizierungs- anzeige einstellt.
16. Vorrichtung nach Anspruch 16, in der der Ausgabewert des künstlichen Netzwerkes (34) einem Zähler zugeführt wird, um die Anzahl der Objekte zu zählen, die in einer ausgewählten Richtung entlang des Durchganges während einer definierten Zeitspanne passieren.

0664012

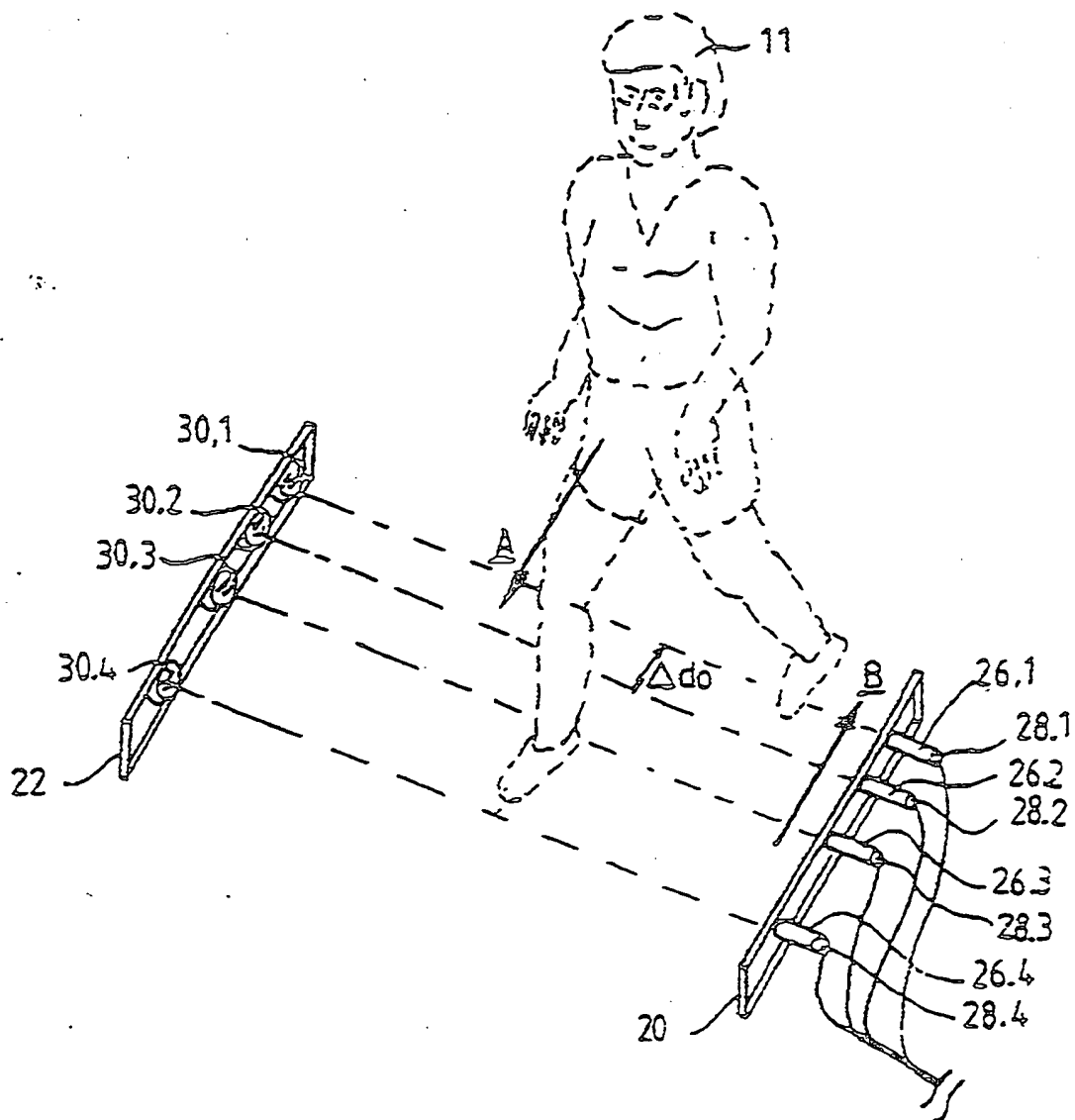


FIG.1

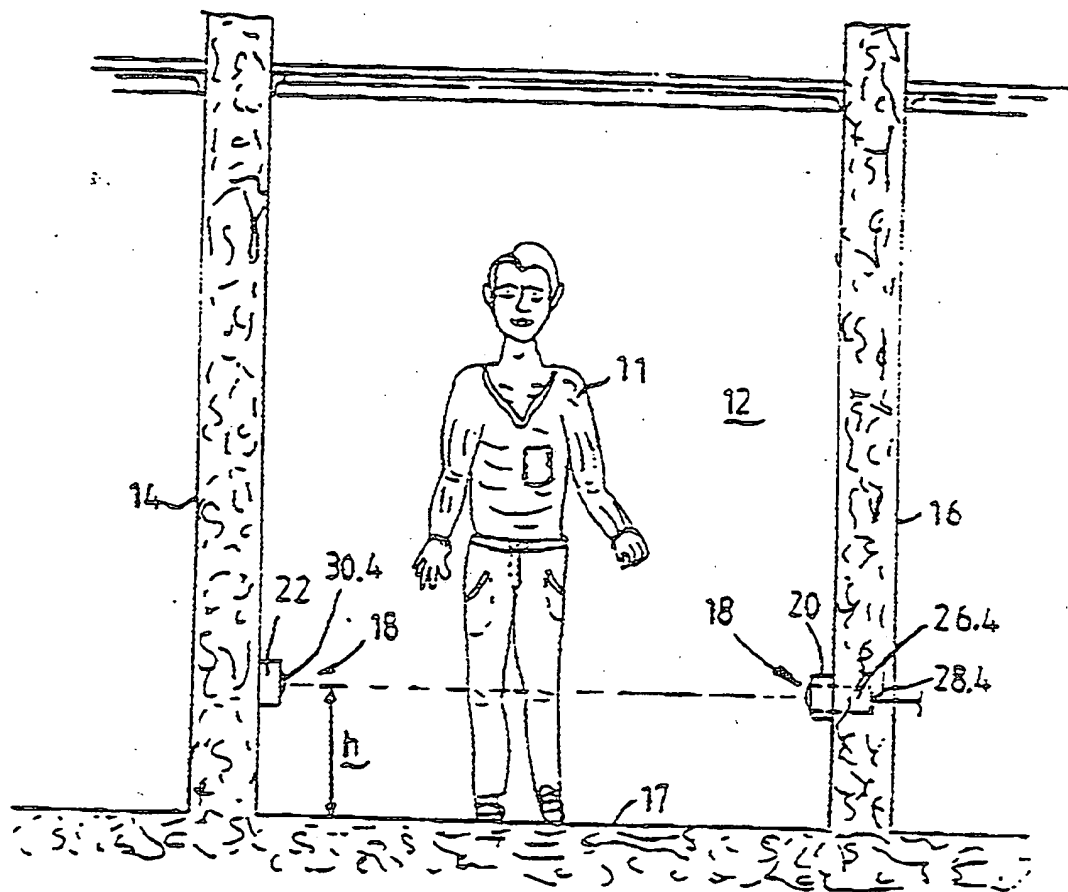


FIG. 2

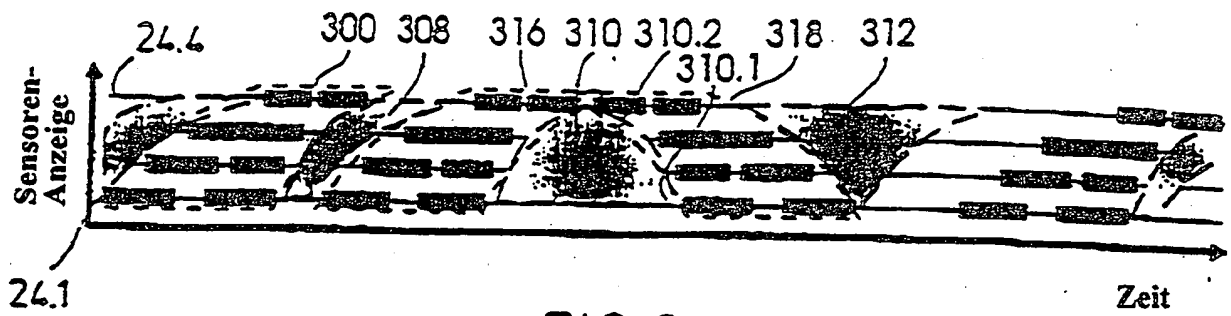


FIG. 3a

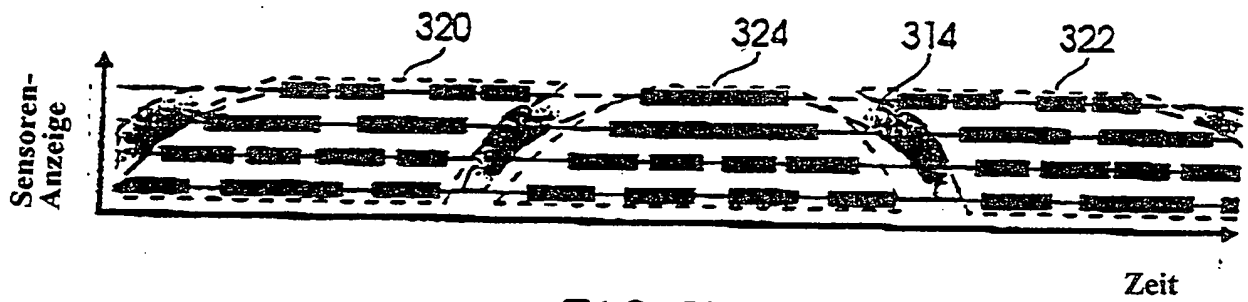


FIG. 3b

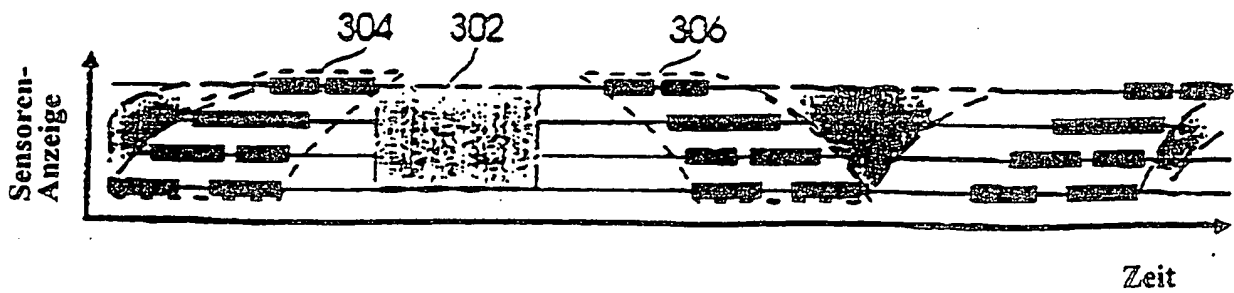


FIG. 3c

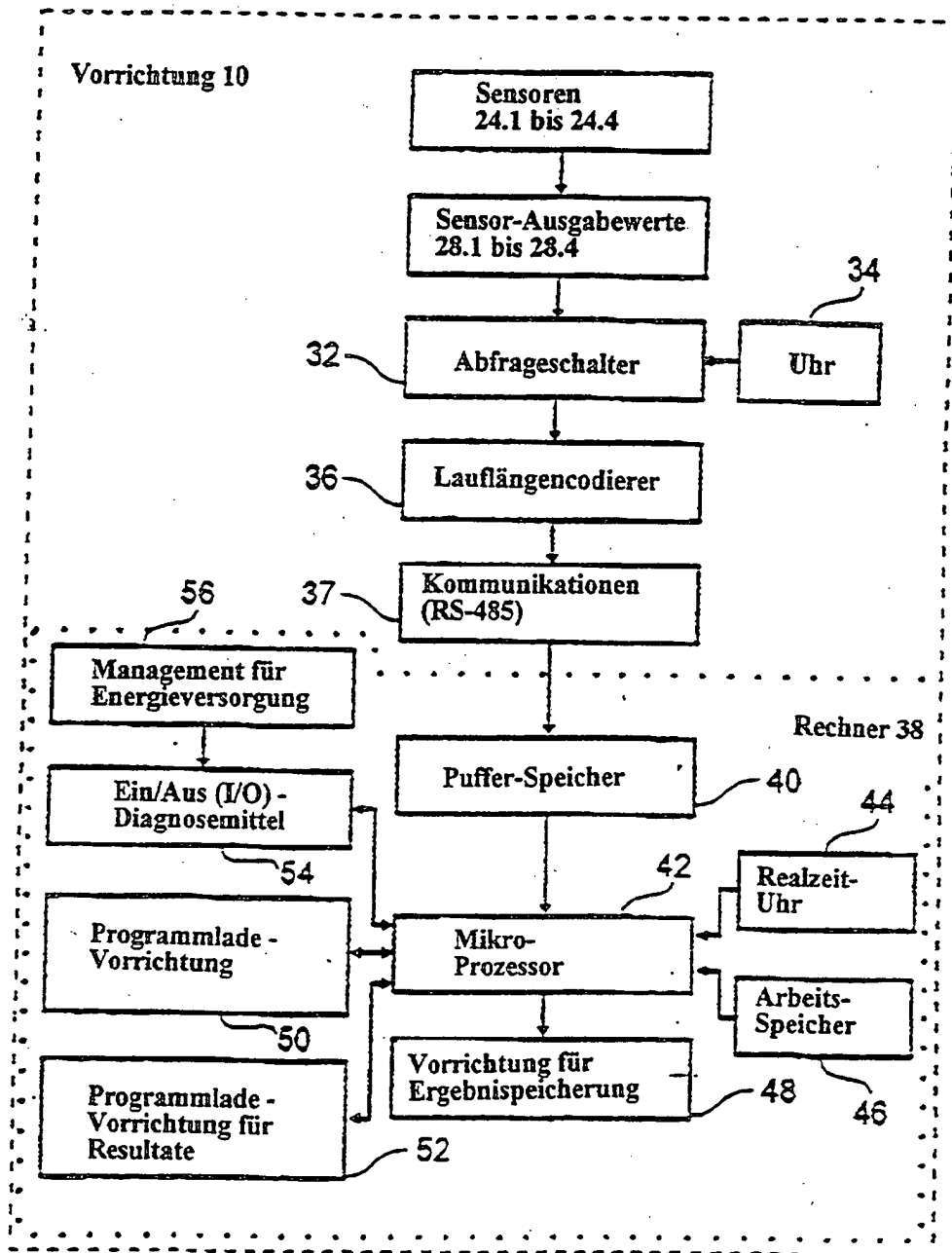


FIG. 4

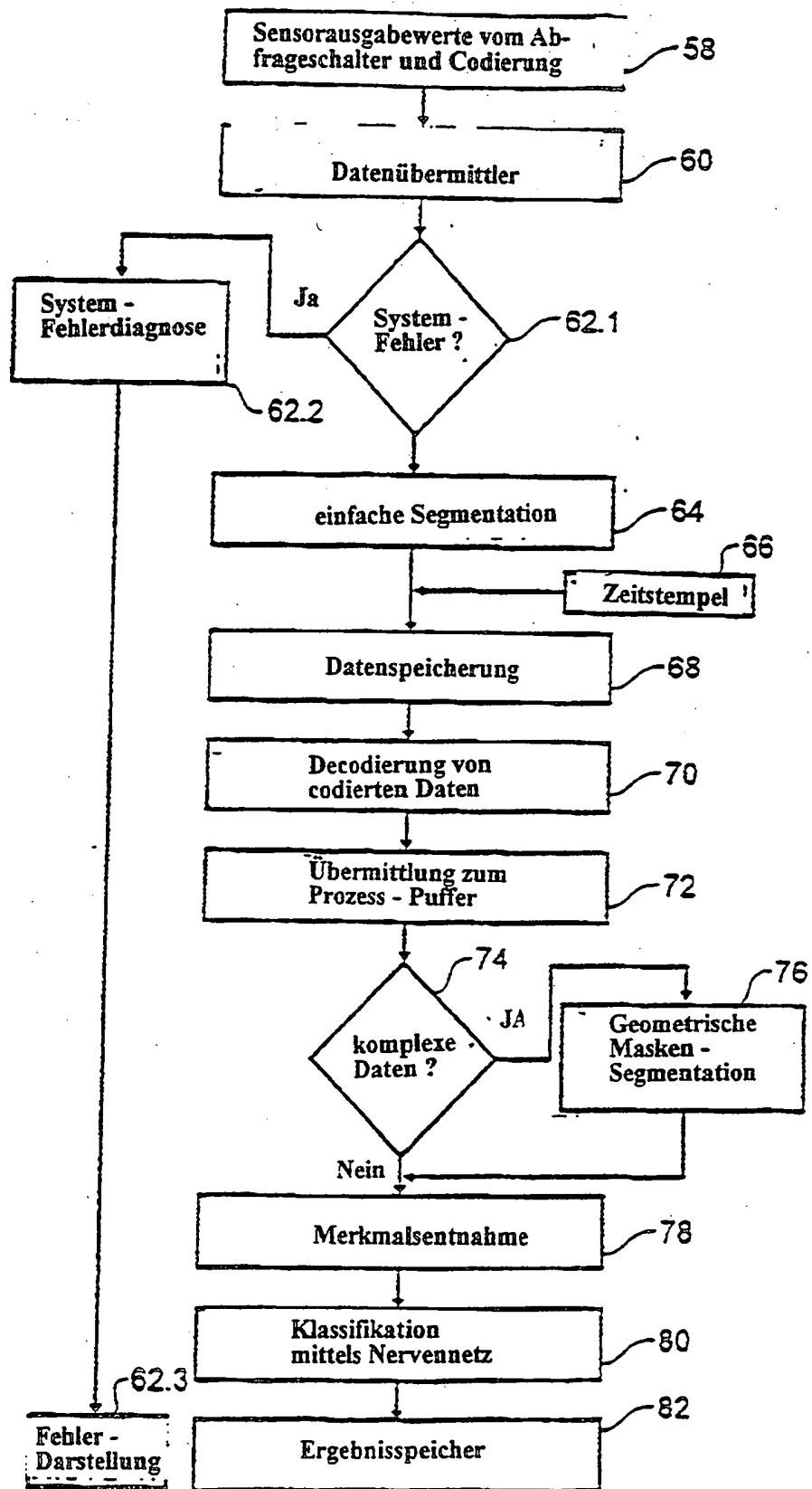


FIG.5

Nervennetz 84

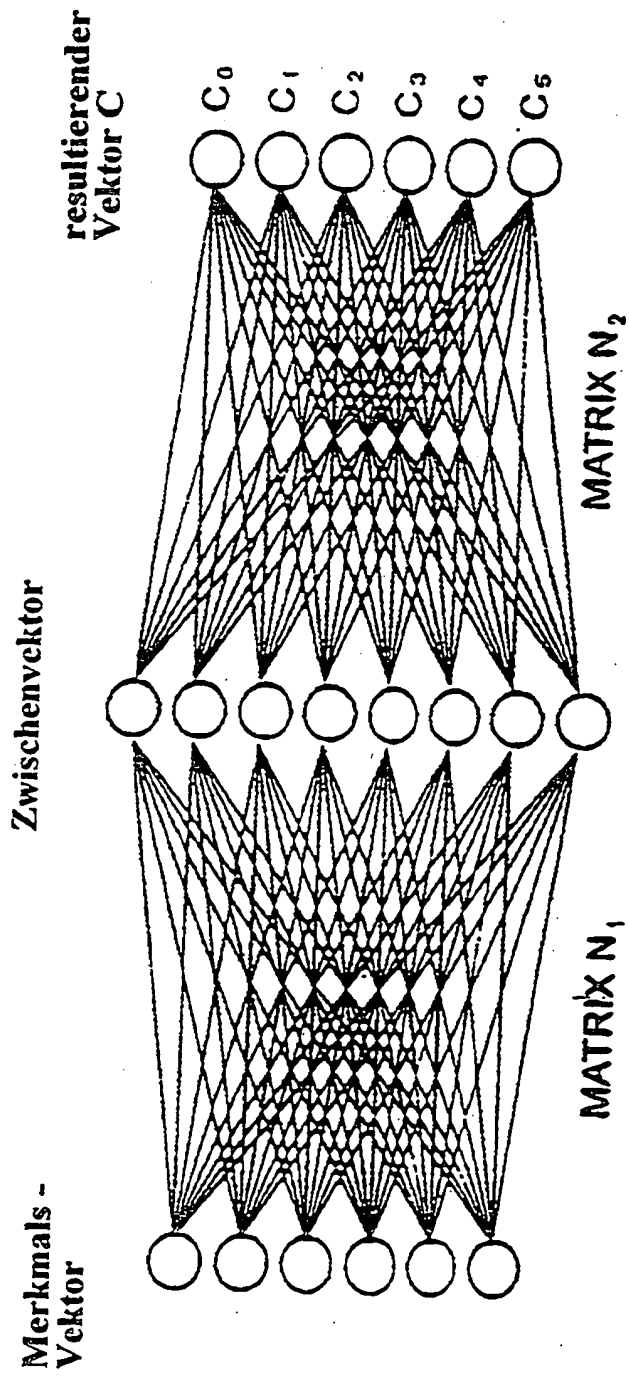


FIG. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.